اثر نماتد (*Meloidogyne incognita* race 2) روی صفات ریشه و اندام‌های هوایی دو رقم حساس و متحمل گوجه‌فرنگی

امیر قاسم‌زاده[۱]، سالار جمالی[۱*]، مسعود اصفهانی[۲] و حسن پدرام فر[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷)

چکیده

نماتدهای ریشه گرهی از عوامل ایجاد اختلالات فیزیولوژیک و آناتومیک در گیاهان هستند. مطالعه حاضر، در برگیرنده نتایج بررسی اثر نماتد ریشه گرهی (*Meloidogyne incognita* race 2) روی رشد ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه می‌باشد. بدین منظور، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی روی دو رقم حساس (Falat Y) و متحمل (Gina VF) گوجه‌فرنگی با چهار سطح جمعیتی نماتد (صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم) در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از تلقیح) به مرحله اجرا درآمد. پس از انجام نمونه‌برداری و خالص‌سازی، گونه و نژاد نماتد تعیین شد. مایه تلقیح لازم از طریق تکثیر جمعیت خالص نماتد روی رقم روتگرز به دست آمد. سطوح جمعیتی نماتد در مرحله چهاربرگی تلقیح و اندازه‌گیری صفات در زمان‌های ذکر شده انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح جمعیتی نماتد، تعداد گال، کیسه تخم و لارو سن دوم در هر دو رقم افزایش یافت و این افزایش در رقم حساس به مراتب بیشتر از رقم متحمل بود. ولی میزان فاکتور تولیدمثل از روند کاهشی برخوردار بود. تنش ناشی از نماتد، روی صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشدی گیاه نیز تأثیرگذار بود، به گونه‌ای که با افزایش سطح جمعیتی نماتد، صفات رشدی گیاه از قبیل کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، قطر ساقه، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک شاخساره، نسبت طول ریشه به حجم، نسبت سطح برگ به سطح ریشه، چگالی ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به حجم خاک کاهش یافت. اما میزان وزن تر و خشک ریشه، سطح ریشه، نسبت وزن تر ریشه به حجم خاک، قطر ریشه، حجم ریشه و چگالی سطح ریشه افزایش نشان داد.

کلمات کلیدی: شاخص‌های رشد، اختلالات فیزیولوژیک، نماتد ریشه‌گرهی

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گیاهی است متعلق به تیره سیب‌زمینی‌سانان (Solanaceae) و یکی از محصولات مهم کشت شده در جهان است که به عنوان میوه، سبزی و فرآورده صنعت دارویی استفاده می‌شود (۱). این گیاه، الگوی مناسبی برای تحقیقات فیزیولوژیک، سلولی، بیوشیمیایی

۱. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

۲. گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: jamali@guilan.ac.ir

و ژنتیک مولکولی به‌شمار می‌رود. تحقیقات انجام شده روی گوجه‌فرنگی، دانش ما را در باره برخی از فرایندهای رشد افزایش داده است (۲). با توجه به گزارش سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) در حال حاضر بیش از ۴ میلیون و ۶۰۰ هزار هکتار از اراضی دنیا به کشت گوجه‌فرنگی اختصاص دارد. کشور ایران با تولید ۵ میلیون و ۸۰۰ هزار تن گوجه‌فرنگی در سال، ۴/۷ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است. در بین مناطق مختلف، استان آذربایجان شرقی با تولید سالانه حدود ۲۵۰ هزار تن گوجه‌فرنگی، بیشترین میزان تولید را دارد. متوسط عملکرد گوجه‌فرنگی در کشور، بیشتر از متوسط جهانی و در حدود ۳۸ تن در هکتار می‌باشد. از نظر تولید در سال ۲۰۱۲، ایران با ۶ میلیون تن در سال، مقام ششم را در جهان دارا بود (۶).

نماتدهای مولد گره ریشه از تمام نواحی دنیا و روی بسیاری از گیاهان گزارش شده‌اند (۱۹). این جنس مهمترین جنس در میان نماتدهای انگل گیاهی از نظر میزان خسارت وارده به محصولات است (۲۰). در برخی منابع، بیش از ۳۰۰۰ گونه گیاهی به عنوان میزبان آن گزارش شده‌اند (۲۱). به دلیل دامنه وسیع میزبانی، دوره کوتاه سیکل زندگی، تولیدمثل زیاد و انگل داخلی بودن، کنترل نماتد مولد گره ریشه دشوار می‌باشد (۱۷ و ۲۸). از آنجایی که نماتد مولد گره ریشه می‌تواند همانند سایر عوامل سبب ایجاد تنش زیستی در گیاه شود، اطلاع از تأثیر جمعیت‌های مختلف نماتد روی میزبان از اهمیت خاصی برخوردار است. مراحل مختلف زندگی نماتد (لاروی و بالغ)، با توجه به فیزیولوژی خاص هر مرحله، نیاز به کالری‌های متفاوتی داشته و این مقدار انرژی در نماتدهای ماده بالغ حداکثر است. با توجه به اینکه نماتد انرژی لازم را از میزبان دریافت می‌کند، با افزایش سن نماتد، فشار بر میزبان افزایش خواهد یافت (۹).

در تحقیقی که جهت بررسی کارایی فیزیولوژیک انگور آلوده به *M. incognita* در فرانسه انجام شد، مشخص گردید که افزایش سطح جمعیت نماتد تلقیح شده باعث کاهش اندازه سطح برگ، طول و تعداد ساقه و شاخه، وزن و حجم ریشه و وزن خشک و تر گیاه می‌شود (۱۶). مطالعه واکنش‌های فیزیولوژیک و رشدی گیاه بامیه در مقابل باران اسیدی و نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* نشان داد که باران اسیدی و نماتد دارای اثر متقابل افزایشی بوده و ترکیب این دو تیمار باعث خسارت بیشتر نسبت به حالت‌های منفرد می شود، به ویژه زمانی که گیاه بعد از تلقیح نماتد در معرض باران اسیدی قرار گیرد (۲۲). تحقیق دیگری که به منظور بررسی اثر سطوح مختلف جمعیت نماتد *Heterodera avenae* روی توانایی جذب آب روی گیاه جو در هند صورت گرفت، نشان داد که محتوای کلروفیل‌ها با افزایش سطح تلقیح در گیاهان بیمار، کاهش یافت. همچنین، کاهش در نرخ رشد مطلق در طول دوره رشد ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ روز در سطح تلقیح ۱۰۰۰۰ مشهود بود، اما در ۹۰-۱۲۰ روز و در سطح تلقیح ۱۰۰ معنی‌دار نبوده است. کاهش سرعت رشد نسبی در سطح تلقیح ۱۰۰۰۰ در تمام دوره رشد، بیشتر از بقیه تیمارها بوده و به همین ترتیب، در دوره زمانی ۳۰-۶۰ روزه، حداقل سرعت جذب خالص در سطح ماده تلقیحی ۱۰۰۰۰ مشاهده شد (۱۷). در مطالعه انجام شده جهت بررسی نفوذ نماتد مولد سیست *H. sacchari* و تنش خشکی روی نیازهای آبی و رشد گیاه برنج، مشخص شد که در شرایط کم آبی در خاک شنی، آسیب نماتد به گیاهان حساس بیشتر بود. پتانسیل و محتوای نسبی آب کمتر شده و محتوای کلروفیل برگ افزایش یافت. بیشترین تلفات در حالتی که تعداد نماتد بیشتر بوده، مشاهده گردید. گلدان‌هایی که ۵ روز تیمار خشکی به آنها داده شد، کاهش پتانسیل آب بیشتری نشان دادند. ترکیب هر دو تنش آثار مشابه، اما در عین حال بیشتری روی پتانسیل آب برگ و وزن خشک برگ داشتند. همچنین، تنش ترکیبی منجر به معنی‌دار شدن کاهش وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد شد (۷). در مطالعاتی که به منظور بررسی واکنش فتوسنتز نسبت به نماتد گره ریشه *M. incognita* روی دو رقم مقاوم و حساس خیار انجام شد، آلودگی به نماتد باعث کاهش قابل توجه محتوای کلروفیل برگ خیار در رقم حساس،

نسبت به رقم مقاوم، گردید (۲۶). ارزیابی خسارت نماتد *M. incognita* روی بامیه نشان داد که تمامی سطوح تلقیح، شاخص‌های طول ساقه، حجم ریشه و وزن تر و خشک گیاه را کاهش داده و افزایش جمعیت سبب افزایش تعداد گال، توده تخم و جمعیت نهایی نماتد شد (۱۳). در حالت آلودگی به نماتد *M. incognita* کارایی مصرف آب و توانایی جذب آن کاهش قابل توجهی در گیاهان آلوده نسبت به گیاهان شاهد داشت (۲۳). نماتدهای ریشه‌گرهی به دلیل تشکیل سلول‌های غول پیکر و اختلالات اساسی هورمونی در گیاه، باعث تغییرات شدید در اندام‌های ریشه‌ای و هوایی گیاه می‌شوند. هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر نژاد دوم نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* روی صفات ریشه و اندام‌های هوایی گیاه گوجه‌فرنگی و اثرهای مختلف آن روی گیاه میزبان بوده است.

مواد و روش‌ها

تهیه مایه تلقیح نماتد (*M. incognita*)

طی مراجعه به گلخانه‌های گوجه‌فرنگی استان گیلان، از گیاهان آلوده به نماتد مولد گره نمونه‌برداری شد. پس از شستشوی ریشه‌ها با استفاده از روش تک کیسه تخم، به تکثیر نماتد در سطح گلخانه اقدام گردید. هر یک از توده‌های تخم در سوراخ‌هایی به عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر مجاور ریشه‌های نشاء گوجه‌فرنگی، رقم روتگرز، قرار داده شد. گلدان‌ها حاوی یک کیلوگرم خاک بودند که توسط اتوکلاو به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر استریل گردیدند. نشاها در مرحله ۲-۴ برگی حقیقی بودند. این گیاهچه‌ها به مدت ۴۶ تا ۶۰ روز در شرایط گلخانه نگهداری شدند. پس از تکثیر نماتد و ایجاد گال روی ریشه، شناسایی نماتد انجام شد. استریل کردن گلدان‌های مورد استفاده و بذرهای گوجه‌فرنگی با محلول ۱۹٪ هیپوکلرید سدیم تجاری انجام شد (۱۴).

تشخیص گونه از طریق برش انتهای بدن نماتد ماده یا الگوی اثر انگشتی (Perineal pattern) انجام گرفت (۲۴). شناسایی گونه‌ی نماتد براساس کلید جپسون (۱۵) صورت گرفت. جهت تثبیت ماده‌ها در داخل بافت و رنگ آمیزی آنها، از روش هارتمن و ساسر (۱۲) استفاده شد. به منظور بررسی مشخصات ریخت شناسی و ریخت‌سنجی لاروهای سن دوم، از کیسه‌های تخم نماتد ماده‌ای که برش تهیه شده بود، برای تفریخ لاروها و تهیه اسلاید استفاده گردید.

تعیین نژاد از طریق آزمون میزبان‌های افتراقی، بر اساس روش پیشنهادی بارکر و همکاران (۸) انجام شد. پس از تشخیص دقیق، برای به‌دست آوردن جمعیت انبوه و خالص، چندین دوره متوالی تکثیر روی گوجه‌فرنگی رقم روتگرز انجام شد. مایه تلقیح از گوجه‌فرنگی‌هایی که به روش تک‌کیسه تخم آلوده شده بودند، تهیه گردید. جهت استخراج نماتد، طبق روش هوسی و بارکر (۱۴) عمل شد. در نهایت، لاروهای سن دوم به دست آمده توسط پتری مدرج شمارش شدند.

تهیه گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی

بذرهای ضدعفونی شده رقم‌های جینا- وی اف (Gina VF، رقم متحمل) و فلات- وای (Falat Y، رقم حساس) از شرکت فلات ایران تهیه شد (۱۱). این بذرها در گلدان‌هایی با حجم ۲ لیتر، حاوی خاک استریل شامل خاک، ماسه، کود برگ (۱:۱:۲) و مقداری پرلیت استریل کشت گردیدند. هر گیاهچه در مرحله ۴-۶ برگی توسط جمعیت‌های مختلف نماتد مایه‌زنی شد.

آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، به صورت کرت‌های دو بار خرد شده با چهار تیمار در چهار بازه زمانی، روی دو رقم با چهار تکرار صورت گرفت:

۱- گیاه شاهد از هر دو رقم (مایه‌زنی شده با آب مقطر استریل).

۲- رقم جینا- وی اف مایه‌زنی شده با سه سطح نماتدی (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لارو سن دوم نماتد).

۳- رقم فلات- وای مایه‌زنی شده با سه سطح نماتدی (۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لارو سن دوم نماتد).

گیاهچه‌ها در تمام طول مدت آزمایش در شرایط مساعد گلخانه (۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۶-۲۸ درجه سلسیوس) نگهداری شدند. در چهار بازه زمانی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از مایه‌زنی، اقدام به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر شد. در پایان هر زمان نمونه‌برداری، گلدان‌ها برگردانده و ریشه‌ها با ملایمت زیر جریان آب شسته و روی کاغذ صافی قرار گرفتند تا آب اضافی آن خارج شود. پس از آن گیاهچه‌ها برای سنجش وزن تر ریشه، وزن تر اندام‌های هوایی، تعداد گال، تعداد توده تخم به ازای هر گیاه، تعداد لارو سن دوم و فاکتور تولیدمثل به آزمایشگاه منتقل شدند.

شمارش گال و کیسه تخم

برای شمارش گال و کیسه‌های تخم، ریشه‌ها با آرامی شسته و به قطعات یک تا دو سانتی‌متری تقسیم و سپس به بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب و یک میلی‌لیتر محلول اسید فوشین منتقل شدند. ریشه‌ها در محلول فوق به مدت ۳۰ ثانیه جوشانده شده و بعد از سرد شدن، محلول رنگی تخلیه گردید. ریشه‌ها با آب شسته شدند تا رنگ اضافی از بین برود. سپس، قطعات ریشه روی کاغذ خشک و به ۱۰ میلی‌لیتر گلیسرول به همراه چند قطره اسید کلریدریک ۵ نرمال منتقل شدند. ریشه‌ها تا قبل از رسیدن به نقطه جوش حرارت دیده و سپس سرد و در زیر بینوکولار بررسی شدند. جهت محاسبه تعداد لاروهای سن دوم نماتد، پس از خارج کردن ریشه‌های تیمار شده از گلدان‌ها، تمام خاک حاوی نماتد چندین مرحله در داخل سینی قرار گرفت و بعد از ۴۸ ساعت نماتدها از خاک استخراج شدند. مجموع جمعیت به‌دست آمده به ظرف پتری مدرج منتقل و در زیر بینوکولار شمارش گردید.

طبق معادله استنبرینک (۱۸)، محاسبه فاکتور تولیدمثل برای هر کدام از تیمارها بر اساس فرمول R=PF/PI صورت گرفت که در آن PI جمعیت اولیه و PF جمعیت نهایی نماتد می‌باشد.

ارزیابی فاکتورهای رشدی

کلروفیل موجود در برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD502, Minoltz, Japan) اندازه‌گیری شد. گیاهچه‌ها از گلدان‌ها خارج و پس از شستشو به آزمایشگاه منتقل گردیدند. پس از تفکیک آن‌ها به دو بخش ریشه و شاخساره، صفات طول ریشه اصلی (Taproot Length, TL) و ارتفاع بوته‌ها (Plant Height, PH) با استفاده از خطکش میلی‌متری تعیین شد. وزن تر ساقه و وزن تر ریشه با دقت یک‌هزارم با ترازو اندازه‌گیری گردید. با قرار دادن ریشه‌ها در یک بشر با حجم مشخص آب و اختلاف حجم آب قبل و بعد از قرار دادن ریشه، حجم ریشه (Root Volume, RV) مورد سنجش قرار گرفت . سطح ریشه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۴):

[۱] سطح ریشه = ۲(حجم ریشه × π × طول ریشه) ۰/۵

با داشتن اطلاعات وزن تر ریشه (Root Fresh Weight, RFW) ، وزن خشک ریشه (Root Dry Weight, RDW) و حجم گلدان‌ها، سطح ریشه (Root Area, RA)، طول ریشه (TL) و حجم ریشه (RV)، سایر صفات ریشه‌ای از قبیل نسبت وزن خشک ریشه به حجم ریشه (چگالی ریشه) Root Dry Weight / Root Volume (RDW/RV)، وزن تر ریشه به حجم خاک (Root Mass Density, RMD)، وزن خشک ریشه به حجم خاک (Dry Root Mass Density, DRMD)، طول ریشه به حجم (Root Length Density, RLD)، قطر ریشه (Root Diameter, RD)، طول ریشه به وزن تر ریشه (ظرافت ریشه) (Root Length / Root Fresh Mass, RF) و چگالی سطح ریشه (Root Surface Area Density, RSD) محاسبه شدند (۴):

[۲] قطر ریشه = (۴ × وزن تر ریشه / (طول ریشه × π)) ۰/۵

[۳] چگالی سطح ریشه = (طول ریشه × قطر ریشه × π)

سطح برگ (Leaf Area, LA) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ رومیزی (Li Core, USA) اندازه‌گیری شد. نسبت سطح برگ به سطح ریشه (LA/RA) در تیمارهای

مختلف محاسبه شد. در پایان، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت (تا ثابت شدن وزن نمونه‌ها) خشکانیده شدند. وزن خشک شاخه (Stem Dry Weight, SDW) و ریشه (Root Dry Weight) اندازه‌گیری شدند (۴).

قطر ساقه گیاه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد (۵). محتوای آب نسبی برگ (RWC) با استفاده از قطعات یک سانتی‌متری برگ گیاهان هر گلدان، اندازه‌گیری وزن تر آنها و قرار دادن در آب به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۴ درجه سلسیوس و تعیین وزن اشباع و سپس وزن خشک (آون ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۴):

((وزن خشک – وزن تر در شرایط اشباع) / (وزن خشک وزن تر)) × ۱۰۰

[۴]

داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون توکی صورت گرفت.

نتایج

تعداد گال

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در زمان در تیمار نشان داد که در زمان‌های دوم، سوم و چهارم، بین تیمارها با شاهد در رقم فلات- وای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱٪ دیده شد. ولی در رقم جینا- وی اف در زمان دوم و در تیمارهای ۱۰۰۰ و ۵۰۰ عدد لارو سن دوم در سطح احتمال آماری ۵٪، اختلاف معنی‌دار بود. همچنین، بین تیمار ۲۰۰۰ لارو در زمان دوم و کلیه سطوح تیماری در زمان‌های سوم و چهارم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطوح تیماری نماتد و افزایش زمان نگه‌داری گیاهان در گلدان، تعداد کیسه تخم در هر دو رقم افزایش یافته و این میزان در رقم فلات- وای بیشتر مشهود است (جدول ۱).

تعداد کیسه‌تخم، تعداد لارو سن دوم و فاکتور تولیدمثل (RF)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در زمان، با احتساب تیمارها، نشان داد که در اولین زمان نمونه‌برداری، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و شاهد وجود ندارد. چون در واقع تولیدمثلی صورت نگرفته و هیچ کیسه تخمی تشکیل نشده است. ولی در زمان‌های دوم، سوم و چهارم، این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج حاصله حکایت از آن دارد که با افزایش سطح تلقیح نماتد و افزایش طول مدت نگه‌داری گیاهان، تعداد کیسه تخم و تعداد لارو سن دوم افزایش می یابد. این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب قابل ملاحظه‌تر از رقم جینا- وی اف بود. میزان فاکتور تولید مثل برخلاف دو صفت دیگر با افزایش سطوح جمعیتی کاهش یافت ولی در کل، میزان فاکتور تولیدمثل در رقم فلات- وای بیشتر از رقم جینا- وی اف بود. بیشترین میانگین افزایش کیسه تخم و تعداد گره به رقم فلات- وای در سطح تلقیح ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم در زمان چهارم نمونه‌برداری اختصاص یافت (جدول ۱).

کلروفیل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل رقم در سطوح جمعیتی در زمان نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در زمان‌های اول و سوم نمونه‌برداری بین تیمار سطوح نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار وجود نداشت. تیمار نماتدی ۱۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ بود. تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱٪ با شاهد بود. در زمان‌های دوم و چهارم نمونه‌برداری، تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ بود. تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱٪ بودند. در رقم جینا- وی اف در زمان دوم، تیمارهای

جدول ۱. مقایسه میانگین فاکتور تولیدمثل (RF)، تعداد لارو سن دوم، تعداد کیسه تخم و تعداد گره دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح جمعیتی نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	T	سطح جمعیتی	کیسه تخم	تعداد گره	RF	لارو سن دوم
Falat Y	۱	۱	۰	۰	۰	۰
Falat Y	۱	۲	۰$^{n.s}$	۵/۲۵$^{n.s}$	۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$
Falat Y	۱	۳	۰$^{n.s}$	۱۵/۲۵$^{n.s}$	۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$
Falat Y	۱	۴	۰$^{n.s}$	۸۶/۷۵$^{n.s}$	۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$
Falat Y	۲	۱	۰	۰	۰	۰
Falat Y	۲	۲	۱۴۹/۵۰**	۱۴۹/۵۰**	۲۲/۸۳۰**	۱۱۴۲۵/۱۶۴**
Falat Y	۲	۳	۶۹۳/۷۵**	۸۷۶/۵۰**	۲۱/۶۶۲**	۲۱۶۷۲/۶۶۴**
Falat Y	۲	۴	۸۷۶/۵۰**	۶۹۸/۷۵**	۱۲/۳۷۰	۲۴۷۵۰/۱۶۴**
Falat Y	۳	۱	۰	۰	۰	۰
Falat Y	۳	۲	۱۶۳**	۱۳۱۳**	۷۳/۳۳۰**	۳۶۶۴۷/۸۱۲**
Falat Y	۳	۳	۴۵۱**	۱۲۳۶**	۳۹/۹۵۵**	۳۹۹۷۷/۸۱۲**
Falat Y	۳	۴	۹۷۶**	۲۶۰۲/۷۵**	۱۴/۵۸۰**	۲۹۱۴۲/۸۱۲**
Falat Y	۴	۱	۰	۰	۰	۰
Falat Y	۴	۲	۳۶۳**	۱۴۱۵/۵۰**	۶۹/۳۳۰**	۳۴۶۳۵/۸۳۵**
Falat Y	۴	۳	۵۵۱**	۱۳۴۱**	۴۲/۳۹۷**	۴۲۳۶۸/۳۳۵**
Falat Y	۴	۴	۱۲۵۱**	۲۶۷۹**	۱۵/۷۵**	۳۱۵۰۵/۸۳۵**
Gina VF	۱	۱	۰	۰	۰	۰
Gina VF	۱	۲	۰$^{n.s}$	۸/۵$^{n.s}$	۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$
Gina VF	۱	۳	۰$^{n.s}$	۱۳/۲۵$^{n.s}$	۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$
Gina VF	۱	۴	۰$^{n.s}$	۱۵/۵۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$	۰$^{n.s}$
Gina VF	۲	۱	۰	۰	۰	۰
Gina VF	۲	۲	۸۵**	۱۰۷*	۲۹/۹۹۷**	۱۵۰۰۸/۶۴۴**
Gina VF	۲	۳	۱۰۷**	۸۷$^{n.s}$	۲۶/۶۶۰**	۲۲۶۶۹/۸۹۴**
Gina VF	۲	۴	۵۱۹/۲۵**	۵۱۹/۲۵**	۱۳/۷۴۷**	۲۷۵۰۴/۸۹۴**
Gina VF	۳	۱	۰	۰	۰	۰
Gina VF	۳	۲	۷۳*	۲۰۹**	۶۳/۳۳۰**	۲۹۱۸۵/۳۱۲**
Gina VF	۳	۳	۷۴**	۲۷۹**	۲۶/۶۶۵**	۲۶۶۸۵/۳۱۲**
Gina VF	۳	۴	۴۱۳**	۱۵۹۷**	۱۳$^{××}$	۲۶۰۲۰/۳۱۲**
Gina VF	۴	۱	۰	۰	۰	۰
Gina VF	۴	۲	۱۲۳**	۳۱۰/۵**	۶۱/۵۸۰**	۳۰۷۸۰/۷۵۰**
Gina VF	۴	۳	۱۷۳/۵۰**	۴۰۴**	۱۶/۶۶۵**	۱۶۶۵۵/۷۵۰**
Gina VF	۴	۴	۵۶۴**	۱۶۹۷**	۱۰**	۱۹۹۹۰/۷۵۰**

**،* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و فاقد تفاوت معنی‌دار

نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵٪ بودند. در زمان سوم، تیمارهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪ بودند. همچنین، در زمان چهارم نمونه‌برداری تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ بود. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطح جمعیتی نماتد میزان کلروفیل کاهش پیدا می‌کند که این کاهش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر از رقم جینا- وی اف ملموس است (جدول ۲).

آب نسبی، طول ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل رقم در سطوح جمعیتی نماتد نشان داد که با افزایش تیمار سطح جمعیتی نماتد، میزان نسبی آب برگ و طول ریشه کاهش می‌یابد که این کاهش در سطح احتمال آماری ۱٪ با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود. کاهش هر دو در رقم فلات- وای نسبت به جینا- وی اف بیشتر به چشم می‌خورد (جدول ۳). این نتایج با تحقیقی که روی برنج صورت گرفت (۷) نتایج مشابهی نشان داد.

حجم ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در اولین زمان نمونه‌برداری بین کلیه تیمارهای سطوح جمعیتی نماتد با شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱٪ وجود داشت و در زمان‌های دوم و سوم نمونه‌برداری، تیمارهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند. در زمان چهارم نمونه‌برداری، بین تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت در سطح احتمال آماری ۵٪ و بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین، در رقم جینا- وی اف در زمان دوم نمونه‌برداری بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. در زمان‌های سوم و چهارم نمونه‌برداری، تفاوت با شاهد فقط در تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم در سطح احتمال آماری ۱٪ بود. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطوح جمعیتی نماتد، حجم ریشه نیز افزایش پیدا می‌کند که این افزایش حجم در رقم فلات- وای نسبت به رقم جینا- وی اف به مراتب بیشتر است (جدول ۴).

وزن تر و خشک ریشه و شاخساره

نتایج کلی حاصل از مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی در زمان نمونه‌برداری نشان داد که به‌طور کلی با افزایش سطح جمعیتی و گذشت زمان بیشتر از روز تلقیح نماتد، میزان وزن تر ریشه افزایش پیدا کرده است که این افزایش در رقم فلات- وای بیشتر از رقم جینا- وی اف بود (جدول ۲). همچنین، وزن خشک ریشه با گذشت زمان و افزایش سطح تلقیح نماتد (به علت ایجاد گره) در هر دو رقم افزایش نشان داد که این میزان افزایش بسته به سطح تلقیح در رقم فلات- وای بیشتر به چشم می‌خورد (جدول ۴). این نتایج با نتایج تحقیقی که روی بامیه و برنج صورت گرفت (۷ و ۲۲) مطابق نبود. همچنین، نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطح جمعیتی نماتد، میزان وزن تر و خشک شاخساره کاهش یافت. این کاهش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر از رقم جینا- وی اف بود (جدول ۲).

قطر ساقه و ارتفاع بوته

نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین تیمارهای سطوح جمعیتی نماتد و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که میانگین داده‌ها در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در دو گروه متفاوت آماری قرار گرفتند و به طور کلی با افزایش طول مدت زمان نگهداری گیاهان، قطر ساقه نیز افزایش یافته است. همچنین،

جدول ۲. مقایسه میانگین کلروفیل، وزن تر و خشک شاخساره و وزن تر ریشه دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح جمعیتی مختلف نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	زمان	سطح جمعیتی	کلروفیل	وزن خشک شاخساره (gr)	وزن تر شاخساره (gr)	وزن تر ریشه (gr)
Falat Y	۱	۱	۳۰/۵۲۵	۳/۷۵۰	۴۳/۵۷۷	۲/۸۹۰
Falat Y	۱	۲	۲۸/۵$^{n.s}$	۲/۹۳۰*	۳۳/۰۸۵**	۳/۴۵۵$^{n.s}$
Falat Y	۱	۳	۲۷/۴*	۲/۶۶۰**	۳۰/۷۶۵**	۶/۰۹۰**
Falat Y	۱	۴	۲۵/۶**	۲/۴۶۰**	۲۶/۴۸۲**	۶/۸۶۷**
Falat Y	۲	۱	۳۲/۴۷۵	۶/۸۱۷	۵۶/۹۹۵	۵/۸۴۲
Falat Y	۲	۲	۲۹/۳*	۵/۷۰۰**	۵۲/۲۵۵**	۶/۶۸۷$^{n.s}$
Falat Y	۲	۳	۲۴/۵۲۵**	۵/۲۸۷**	۴۸/۲۳۰**	۱۳/۱۳۰**
Falat Y	۲	۴	۲۳/۷۷۵**	۵/۴۰۰**	۴۷/۳۴۵**	۱۳/۵۵۲**
Falat Y	۳	۱	۲۹/۱	۷/۱۹۰	۶۳/۶۶۵	۶/۸۳۵
Falat Y	۳	۲	۲۷/۲$^{n.s}$	۷/۶۸۸$^{n.s}$	۵۹/۸۱۵$^{n.s}$	۹/۵۲۰**
Falat Y	۳	۳	۲۶/۴۷۵*	۷/۰۵۵$^{n.s}$	۵۴/۵۶۵**	۲۰/۴۹۰**
Falat Y	۳	۴	۲۵/۰۷۵**	۵/۵۹۴**	۴۹/۹۷۰**	۲/۵۱۷**
Falat Y	۴	۱	۲۹/۶	۱۰/۵۰۲	۷۳/۳۳۵	۷/۸۳۵
Falat Y	۴	۲	۲۶/۹۵*	۹/۶۴۵**	۶۱/۱۸۲**	۱۱/۲۷۲**
Falat Y	۴	۳	۲۵/۹۲۵**	۸/۹۳۰**	۶۱/۶۷۷**	۲۲/۴۹۰**
Falat Y	۴	۴	۲۴/۸۲۵**	۶/۱۵۰**	۴۹/۹۵۵**	۲۳/۴۸۵**
Gina VF	۱	۱	۳۰/۴۷۵	۲/۰۲۰	۱۳/۱۷۰	۱/۹۷۰
Gina VF	۱	۲	۳۱/۲۵$^{n.s}$	۲/۱۲۵$^{n.s}$	۳۰/۴۵۰$^{n.s}$	۲/۰۱۵$^{n.s}$
Gina VF	۱	۳	۲۹/۹۷۵$^{n.s}$	۱/۹۱۷$^{n.s}$	۲۸/۲۱۷$^{n.s}$	۲/۸۸۲$^{n.s}$
Gina VF	۱	۴	۳۱/۸۲۵$^{n.s}$	۱/۶۱۷$^{n.s}$	۲۶/۵۵۰*	۲/۹۸۳$^{n.s}$
Gina VF	۲	۱	۲۹/۲۵	۶/۱۲۵	۶۶/۰۳۵	۴/۷۵۵
Gina VF	۲	۲	۲۸/۹۷۵$^{n.s}$	۵/۹۰۰$^{n.s}$	۶۲/۹۰۷*	۵/۰۵۰$^{n.s}$
Gina VF	۲	۳	۲۶/۰۷۵*	۴/۹۷۵$^{n.s}$	۵۳/۰۷۰**	۶/۸۴۲*
Gina VF	۲	۴	۲۶/۲۵*	۳/۳۵۷**	۴۰/۸۴۵**	۹/۸۷۰**
Gina VF	۳	۱	۳۰/۱۲۵	۷/۵۳۷	۸۱/۷۹۵	۷/۱۵۵
Gina VF	۳	۲	۲۸/۹۷۵$^{n.s}$	۷/۳۳۷$^{n.s}$	۶۶/۹۳۵**	۷/۹۹۰$^{n.s}$
Gina VF	۳	۳	۲۷/۴۰*	۷/۲۴۱$^{n.s}$	۶۵/۳۹۵**	۸/۰۳۰$^{n.s}$
Gina VF	۳	۴	۲۵/۳۷۵**	۶/۴۲۱**	۶۱/۸۷۰**	۱۳/۱۲۵**
Gina VF	۴	۱	۲۹/۷۲۵	۱۸/۴۸۸	۱۰۵/۸۹۰	۸/۱۵۵
Gina VF	۴	۲	۲۸/۵۲۵$^{n.s}$	۱۳/۴۰۹**	۹۲/۲۴۵**	۸/۹۹۰$^{n.s}$
Gina VF	۴	۳	۲۵/۷۲۵**	۸/۷۳۶**	۷۴/۵۳۵**	۹/۱۲۹$^{n.s}$
Gina VF	۴	۴	۲۴/۹**	۸/۲۳۳**	۷۱/۵۰۵**	۱۵/۱۰۵**

جدول ۳. مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ و طول ریشه دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح جمعیتی مختلف نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	سطح جمعیتی	آب نسبی (٪)	طول ریشه (cm)
Falat Y	۱	۹۳/۱۲۲	۹/۸۷۵
Falat Y	۲	۸۶/۹۰۹**	۹**
Falat Y	۳	۸۲/۳۸۷**	۷/۳۱۲**
Falat Y	۴	۸۱/۲۲۳**	۷/۱۲۵**
Gina VF	۱	۹۲/۹۶۷	۱۱/۳۷۵
Gina VF	۲	۹۱/۸۵۸**	۹/۳۷۵**
Gina VF	۳	۹۱/۸۷۲**	۹**
Gina VF	۴	۸۸/۳۲۵**	۸/۷۵۰**

قطر ساقه از لحاظ سطوح تلقیحی نماتد در سه گروه متفاوت آماری قرار گرفت و در این گروه‌بندی‌ها تیمار شاهد با بیشترین میزان میانگین قطر ساقه و تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای کمترین میزان میانگین قطر ساقه ثبت شد. به طور کلی، با افزایش سطح تلقیح نماتد، قطر ساقه کاهش پیدا کرد (جدول ۵). همچنین، نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل رقم در سطوح جمعیتی نماتد در زمان‌های نمونه‌برداری مربوط به ارتفاع بوته‌ها نشان داد که در زمان اول نمونه‌برداری، تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم و کلیه تیمارهای سطوح جمعیتی نماتد در زمان‌های دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری با شاهد تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال آماری ۱٪ نشان دادند (در رقم جینا- وی اف در زمان اول نمونه‌برداری، بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵٪ ثبت شد). به‌طور کلی با افزایش سطوح جمعیتی نماتد ارتفاع بوته‌ها نسبت به شاهد کاهش یافت که این کاهش ارتفاع در رقم فلات‌وای به مراتب بیشتر بود (جدول ۴).

سطح برگ

نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین داده‌های رقم در سطح جمعیتی نماتد و اثر متقابل تیمار سطح جمعیتی نماتد در زمان نشان داد که در اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد، به طور کلی با افزایش سطح جمعیتی نماتد، میزان مساحت سطح برگ کاهش یافت. این کاهش در کلیه تیمارهای سطح جمعیتی نماتد در هر دو رقم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱٪ بود. به طور کلی، کاهش سطح برگ در رقم فلات- وای محسوس‌تر بود. همچنین، در اثر متقابل سطح جمعیتی در زمان نمونه‌برداری در همه زمان‌ها، با افزایش سطح تلقیح، میزان مساحت سطح برگ نیز کاهش یافت. البته با گذشت زمان، سطح برگ کل گیاهان نسبت به زمان قبلی افزایش نشان داد (جدول ۶).

چگالی ریشه (RDW/RV)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در زمان دوم نمونه‌برداری، تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌داری با شاهد به ترتیب در سطوح ۱ و ۵ درصد بودند. همچنین، در زمان سوم نمونه‌برداری، بین کلیه تیمارهای سطح جمعیتی نماتد با شاهد تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ مشاهده شد. در زمان

جدول ۴. مقایسه میانگین حجم ریشه، ارتفاع بوته‌ها و وزن خشک ریشه دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح جمعیتی مختلف نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	T	سطح جمعیتی	حجم ریشه (cm^3)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن خشک ریشه (gr)
Falat Y	۱	۱	۲/۸۷۵	۶۲/۲۵	۰/۲۹۶۹
Falat Y	۱	۲	۳/۵**	۵۹/۷۵$^{n.s}$	۰/۳۵۲۵$^{n.s}$
Falat Y	۱	۳	۵/۸۷۵**	۴۸/۷۵۰**	۰/۶۲۱۴*
Falat Y	۱	۴	۶/۵**	۴۵/۵**	۰/۷۰۰۷*
Falat Y	۲	۱	۷/۷۵	۸۹/۷۵	۰/۵۹۶۱
Falat Y	۲	۲	۹$^{n.s}$	۸۰**	۰/۶۸۲۳$^{n.s}$
Falat Y	۲	۳	۱۱/۷۵**	۷۹/۹**	۱/۳۳۹۷**
Falat Y	۲	۴	۱۴/۷۵**	۷۲/۵**	۱/۳۸۲۹**
Falat Y	۳	۱	۱۰/۲۵	۱۰۰	۰/۶۹۷۴
Falat Y	۳	۲	۱۱$^{n.s}$	۸۴/۲۵**	۰/۹۷۱۴$^{n.s}$
Falat Y	۳	۳	۱۸/۵**	۸۵/۷۵**	۲/۰۹۰۸**
Falat Y	۳	۴	۲۰/۵**	۷۶/۵**	۲/۰۹۳۶**
Falat Y	۴	۱	۱۱/۲۵	۱۱۴	۰/۷۹۹۴
Falat Y	۴	۲	۱۳/۵*	۱۰۰**	۱/۱۵۰۲*
Falat Y	۴	۳	۲۳/۵**	۹۰**	۲/۲۹۴۸**
Falat Y	۴	۴	۲۳/۷۵**	۸۱**	۲/۳۹۶۴**
Gina VF	۱	۱	۲/۵۲۵	۶۹/۶۵	۰/۲۰۱۰
Gina VF	۱	۲	۲/۶۲۵$^{n.s}$	۶۴/۱۲۵$^{n.s}$	۰/۲۰۵۶$^{n.s}$
Gina VF	۱	۳	۲/۶۷۵$^{n.s}$	۶۲/۵*	۰/۲۹۴۱$^{n.s}$
Gina VF	۱	۴	۳/۲۲۵$^{n.s}$	۵۶/۲۵**	۰/۳۰۴۴$^{n.s}$
Gina VF	۲	۱	۶/۶۲۵	۱۱۰	۰/۴۸۵۲
Gina VF	۲	۲	۷/۲۵$^{n.s}$	۷۹/۲۵**	۰/۵۱۵۳$^{n.s}$
Gina VF	۲	۳	۱۰**	۹۲/۵**	۰/۶۹۸۲$^{n.s}$
Gina VF	۲	۴	۱۰/۶۲۵**	۸۳/۵**	۱/۰۰۰۷**
Gina VF	۳	۱	۹/۷۵	۱۱۴/۲۵	۰/۷۳۰۱
Gina VF	۳	۲	۹$^{n.s}$	۸۵**	۰/۸۱۵۳$^{n.s}$
Gina VF	۳	۳	۱۰/۷۵$^{n.s}$	۹۴/۷۵**	۰/۸۱۹۳$^{n.s}$
Gina VF	۳	۴	۱۵/۲۵**	۸۴/۲۵**	۱/۳۳۹۲**
Gina VF	۴	۱	۱۰/۷۵	۱۲۱/۵	۰/۸۳۲۱
Gina VF	۴	۲	۹/۵$^{n.s}$	۱۰۰/۷۵**	۰/۹۱۷۳$^{n.s}$
Gina VF	۴	۳	۱۱/۲۵$^{n.s}$	۹۸/۲۵**	۰/۹۴۶۹$^{n.s}$
Gina VF	۴	۴	۱۷/۲۵**	۸۶/۵**	۱/۵۴۳**

جدول ۵. مقایسه میانگین قطر ساقه دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح جمعیتی مختلف نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

	سطح جمعیتی	قطر ساقه (mm)
زمان	۱	۵/۶۲۱b
	۲	۵/۹۳۳b
	۳	۶/۵۴۰a
	۴	۶/۹۲۰a
سطح جمعیتی	۱	۷/۰۶۶a
	۲	۶/۴۶۹b
	۳	۵/۹۱۳c
	۴	۵/۵۶۶c

چهارم نمونه‌برداری، تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار با شاهد در سطح ۵٪ بود و تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ با شاهد بودند. در رقم جینا- وی اف در زمان اول نمونه‌برداری، بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری به ترتیب در سطوح ۱٪ و ۵٪ دیده شد. همچنین، در زمان دوم نمونه‌برداری، بین تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. در زمان‌های سوم و چهارم نمونه‌برداری، بین تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت. نتایج کلی حاکی از آن است که با تیمار سطح جمعیتی نماتد، میزان چگالی ریشه افزایش یافت که این افزایش در رقم فلات- وای از الگوی منظمی پیروی می‌کرد (جدول ۷).

نسبت وزن تر ریشه به حجم خاک (RMD) و وزن خشک ریشه به حجم خاک (DRMD)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در زمان اول نمونه‌برداری، بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود داشت. در زمان دوم و سوم نمونه‌برداری بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت و در زمان چهارم نمونه‌برداری بین تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ مشاهده شد. در تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم تفاوت آماری معنی‌دار با شاهد در سطح ۱٪ وجود داشت. همچنین، در رقم جینا- وی اف بین تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در زمان‌های دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ دیده شد (در رقم جینا- وی اف میزان وزن خشک ریشه به حجم خاک در زمان دوم در سطح ۵٪ با شاهد معنی‌دار بود). نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش زمان و تیمارهای سطح جمعیتی نماتد، میزان وزن تر ریشه به حجم خاک و وزن خشک ریشه به حجم خاک افزایش یافت، که این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر بود (جدول ۷).

طول ریشه به حجم (RLD)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم

جدول ۶. مقایسه میانگین سطح برگ دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح جمعیتی مختلف نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	سطح جمعیتی	مساحت سطح برگ (mm^2)
Falat Y	۱	۱۵۱۳۷۱/۹۳
Falat Y	۲	۱۱۴۹۰۱/۷۵**
Falat Y	۳	۹۹۴۶۳/۷۵**
Falat Y	۴	۸۶۳۵۵/۱۲**
Gina VF	۱	۱۴۴۶۸۷/۰۶
Gina VF	۲	۱۲۲۵۳۱/۱۲**
Gina VF	۳	۱۱۱۵۶۱/۶۸**
Gina VF	۴	۱۰۵۴۷۳/۵۶**
زمان		
۱	۱	۱۱۵۵۶۳/۵۰
۱	۲	۹۰۵۹۱/۳۷**
۱	۳	۸۰۶۰۶/۲۵**
۱	۴	۷۰۹۱۷/۶۲**
۲	۱	۱۳۵۵۶۳/۵۰
۲	۲	۱۱۰۵۹۱/۳۷**
۲	۳	۱۰۰۴۸۱/۲۵**
۲	۴	۹۰۹۱۵/۱۲**
۳	۱	۱۵۵۵۵۲/۵۰
۳	۲	۱۳۵۵۹۱/۶۲*
۳	۳	۱۱۲۹۸۲/۱۲**
۳	۴	۱۰۳۴۱۸/۲۵**
۴	۱	۱۸۵۴۳۸/۵۰
۴	۲	۱۳۸۰۹۱/۳۷**
۴	۳	۱۲۷۹۸۱/۲۵**
۴	۴	۱۱۸۴۰۶/۳۷**

فلات- وای در زمان‌های اول و چهارم نمونه‌برداری، بین کلیه تیمارهای سطح جمعیتی نماتد با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت. در زمان دوم نمونه‌برداری، تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ بود و تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۱٪ دارای تفاوت معنی‌دار بودند. در زمان سوم نمونه‌برداری، بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند. در رقم جینا- وی اف در زمان‌های اول و دوم نمونه‌برداری، بین کلیه تیمارهای سطوح جمعیتی نماتدی با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود داشت. این تفاوت در زمان سوم نمونه‌برداری بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و در زمان چهارم نمونه‌برداری تفاوت بین

جدول ۷. مقایسه میانگین RDW/RV, RMD, DRMD و RLD دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح مختلف جمعیتی نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	T	سطح جمعیتی	RDW/RV	RMD	DRMD	RLD
Falat Y	۱	۱	۰/۱۰۳۹	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۲۴	۳/۰۸۵
Falat Y	۱	۲	۰/۱۰۰۶$^{n.s}$	۰/۰۰۲۷$^{n.s}$	۰/۰۰۰۲۸$^{n.s}$	۲/۳۳۴**
Falat Y	۱	۳	۰/۱۰۵۸$^{n.s}$	۰/۰۰۴۹*	۰/۰۰۰۵۰*	۱/۰۹۰**
Falat Y	۱	۴	۰/۱۰۸۰$^{n.s}$	۰/۰۰۵۵*	۰/۰۰۰۵۶*	۰/۹۵۹**
Falat Y	۲	۱	۰/۰۷۶۹	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۰۴۸	۱/۲۹۷
Falat Y	۲	۲	۰/۰۷۶۲$^{n.s}$	۰/۰۰۵۷$^{n.s}$	۰/۰۰۰۵۵$^{n.s}$	۱/۰۲۰*
Falat Y	۲	۳	۰/۱۱۴۳**	۰/۰۱۰۶**	۰/۰۰۱۰۸**	۰/۶۳۱**
Falat Y	۲	۴	۰/۰۹۴۴*	۰/۰۱۰۹**	۰/۰۰۱۱۲**	۰/۴۹۴**
Falat Y	۳	۱	۰/۰۶۷۴	۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۰۵۶	۰/۹۸۰
Falat Y	۳	۲	۰/۰۸۸۱**	۰/۰۰۷۷$^{n.s}$	۰/۰۰۰۷۸$^{n.s}$	۰/۸۴۵$^{n.s}$
Falat Y	۳	۳	۰/۱۱۳۷**	۰/۰۱۶۶**	۰/۰۰۱۶۹**	۰/۴۲۲**
Falat Y	۳	۴	۰/۱۰۱۸**	۰/۰۱۶۶**	۰/۰۰۱۶۹**	۰/۳۶۷**
Falat Y	۴	۱	۰/۰۷۱۰	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۰۶۴	۰/۹۹۲
Falat Y	۴	۲	۰/۰۸۴۸*	۰/۰۰۹۱*	۰/۰۰۰۹۳*	۰/۷۰۳**
Falat Y	۴	۳	۰/۰۹۸۲**	۰/۰۱۸۲**	۰/۰۰۱۸۵**	۰/۳۳۱**
Falat Y	۴	۴	۰/۱۰۰۶**	۰/۰۱۹۰**	۰/۰۰۱۹۴**	۰/۳۱۵**
Gina VF	۱	۱	۰/۰۷۹۴	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۶۲	۴/۰۲۴
Gina VF	۱	۲	۰/۰۷۸۲$^{n.s}$	۰/۰۰۱۶$^{n.s}$	۰/۰۰۰۱۶۲$^{n.s}$	۳/۱۹۶**
Gina VF	۱	۳	۰/۱۱۲۰**	۰/۰۰۲۳$^{n.s}$	۰/۰۰۰۲۳$^{n.s}$	۲/۹۹۹**
Gina VF	۱	۴	۰/۰۹۴۴*	۰/۰۰۲۴$^{n.s}$	۰/۰۰۰۲۴$^{n.s}$	۲/۵۱۹**
Gina VF	۲	۱	۰/۰۷۲۸	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۹	۱/۶۷۹
Gina VF	۲	۲	۰/۰۷۰۸$^{n.s}$	۰/۰۰۴۰$^{n.s}$	۰/۰۰۰۴۱$^{n.s}$	۱/۲۹۶**
Gina VF	۲	۳	۰/۰۷۰۶$^{n.s}$	۰/۰۰۵۵$^{n.s}$	۰/۰۰۰۵۶$^{n.s}$	۰/۸۴۳**
Gina VF	۲	۴	۰/۰۹۴۴**	۰/۰۰۷۹**	۰/۰۰۰۸۱*	۰/۸۳۶**
Gina VF	۳	۱	۰/۰۷۵۷	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۰۵۹	۱/۲۵۱
Gina VF	۳	۲	۰/۰۹۱۰*	۰/۰۰۶۴$^{n.s}$	۰/۰۰۰۶۶$^{n.s}$	۱/۰۹۳$^{n.s}$
Gina VF	۳	۳	۰/۰۸۶۰$^{n.s}$	۰/۰۰۶۵$^{n.s}$	۰/۰۰۰۶۶$^{n.s}$	۰/۹۰۶**
Gina VF	۳	۴	۰/۰۸۷۸$^{n.s}$	۰/۰۱۰۶**	۰/۰۰۱۰۸**	۰/۵۹۰**
Gina VF	۴	۱	۰/۰۷۷۱	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۰۶۷	۱/۱۴۶
Gina VF	۴	۲	۰/۰۹۵۷*	۰/۰۰۷۲$^{n.s}$	۰/۰۰۰۷۴$^{n.s}$	۱/۰۵۵$^{n.s}$
Gina VF	۴	۳	۰/۰۸۴۲$^{n.s}$	۰/۰۰۷۵$^{n.s}$	۰/۰۰۰۷۶$^{n.s}$	۰/۸۹۰*
Gina VF	۴	۴	۰/۰۸۹۴$^{n.s}$	۰/۰۱۲۲**	۰/۰۰۱۲۵**	۰/۵۳۶**

تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد به ترتیب در سطوح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطح جمعیتی نماتد و گذشت زمان بیشتری از سن گیاه، نسبت طول ریشه به حجم کاهش پیدا کرد (جدول ۷).

سطح ریشه (RA)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در زمان اول نمونه‌برداری، تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ بودند. همچنین، در زمان دوم نمونه‌برداری، فقط بین تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دو تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ مشاهده شد. در زمان‌های سوم و چهارم نمونه‌برداری، این تفاوت فقط در تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۱٪ مشاهده شد. همچنین، در رقم جینا- وی اف این تفاوت در زمان دوم نمونه‌برداری فقط در سطح تیمار ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۵٪ وجود داشت. در زمان سوم نمونه‌برداری فقط تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بود. در زمان چهارم نمونه‌برداری بین تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت و تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ بود. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش تیمار سطح جمعیتی نماتد، میزان سطح ریشه نیز افزایش پیدا کرد که این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر و اصولی‌تر بود. ولی در رقم جینا- وی اف از الگوی خاصی پیروی نمی‌کرد (جدول ۸).

قطر ریشه (RD)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در زمان‌های اول، دوم و سوم نمونه‌برداری، بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم و کلیه سطوح تیماری نماتد در زمان چهارم نمونه‌برداری با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت. همچنین، در رقم جینا- وی اف در زمان‌های اول و دوم نمونه‌برداری، این تفاوت در تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. در زمان‌های سوم و چهارم نمونه‌برداری، تیمارهای نماتدی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵٪ بودند و بین تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطح تلقیحی نماتد و گذشت زمان، قطر ریشه افزایش یافت که این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر به چشم می‌خورد (جدول ۸).

ظرافت ریشه (RF)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در هر دو رقم و در تمام زمان‌های نمونه‌برداری، بین کلیه تیمارهای سطح جمعیتی نماتد با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. با افزایش سطح جمعیتی نماتد و گذشت زمان، ظرافت ریشه کاهش یافت که این کاهش در رقم فلات- وای به مراتب ملموس‌تر بود (جدول ۸).

چگالی سطح ریشه (RSD)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای در زمان اول نمونه‌برداری، بین تیمار نماتدی ۱۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۵٪ و بین تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار بود. در زمان‌های دوم، سوم و چهارم نمونه‌برداری، بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم تفاوت

جدول ۸. مقایسه میانگین RD, RF, RSD و LA/RA دو رقم گوجه‌فرنگی در چهار سطح مختلف جمعیتی نماتد و در چهار زمان مختلف نمونه‌برداری

رقم	T	سطح جمعیتی	RD	RF	RSD	LA/RA	RA
Falat Y	۱	۱	۰/۶۴۹۸	۳/۰۲۸	۱۷/۸۷	۹۴۴۳/۰	۱۲/۵۵۱
Falat Y	۱	۲	۰/۷۳۴۷$^{n.s}$	۲/۳۶۸**	۱۸/۷۶$^{n.s}$	۶۴۸۳/۷**	۱۳/۳۵۷$^{n.s}$
Falat Y	۱	۳	۱/۱۰۱۲**	۱/۰۵۲**	۲۲/۰۷*	۵۰۴۷/۶**	۱۵/۳۲۸*
Falat Y	۱	۴	۱/۱۸۶۱**	۰/۹۰۹**	۲۳/۲۰**	۴۰۰۸/۵**	۱۵/۹۶۸*
Falat Y	۲	۱	۰/۸۶۹۰	۱/۷۲۳	۲۶/۶۴	۶۴۳۵/۱	۲۱/۷۰۷
Falat Y	۲	۲	۰/۹۶۶۰$^{n.s}$	۱/۳۶۶**	۲۷/۶۸$^{n.s}$	۴۷۰۳/۰**	۲۲/۶۹۸$^{n.s}$
Falat Y	۲	۳	۱/۵۰۴۳**	۰/۵۶۳**	۳۴/۸۷**	۴۱۹۱/۸**	۲۳/۳۱۶$^{n.s}$
Falat Y	۲	۴	۱/۵۴۳۸**	۰/۵۳۴**	۳۵/۱۲**	۳۲۵۹/۶**	۲۵/۹۰۳**
Falat Y	۳	۱	۰/۹۲۸۸	۱/۵۱۷	۲۹/۱۶	۶۲۶۶/۷	۲۵/۳۵۴
Falat Y	۳	۲	۱/۱۴۲۴$^{n.s}$	۰/۹۸۳**	۳۳/۲۱$^{n.s}$	۴۶۱۲/۶**	۲۵/۲۶۵$^{n.s}$
Falat Y	۳	۳	۱/۸۳۴۴**	۰/۳۷۸**	۴۴/۶۵**	۳۵۸۵/۳**	۲۹/۹۸۲**
Falat Y	۳	۴	۱/۸۶۲۲**	۰/۳۶۸**	۴۳/۹۴**	۳۰۳۶/۷**	۳۱/۰۶۷**
Falat Y	۴	۱	۰/۹۵۰۸	۱/۴۲۴	۳۲/۸۴	۶۷۹۷/۶	۲۷/۸۲۷
Falat Y	۴	۲	۱/۲۲۵۸**	۰/۸۵۱**	۳۶/۶۴$^{n.s}$	۴۴۵۹/۷**	۲۸/۳۷۶$^{n.s}$
Falat Y	۴	۳	۱/۹۲۲۹**	۰/۳۴۴**	۴۶/۷۸**	۳۴۷۲/۱**	۳۳/۸۰۴**
Falat Y	۴	۴	۱/۹۹۴۰**	۰/۳۲۰**	۴۷/۰۲**	۳۱۱۴/۱**	۳۳/۴۴۰**
Gina VF	۱	۱	۰/۴۹۶۵	۵/۱۸۴	۱۵/۸۲	۸۸۹۹/۲	۱۲/۶۶۸
Gina VF	۱	۲	۰/۵۵۳۲$^{n.s}$	۴/۱۷**	۱۴/۵۵$^{n.s}$	۸۱۰۱/۴*	۱۱/۷۴۷$^{n.s}$
Gina VF	۱	۳	۰/۶۸۲۴**	۲/۷۳۶**	۱۶/۸۸$^{n.s}$	۷۴۱۴/۲**	۱۱/۴۷۶$^{n.s}$
Gina VF	۱	۴	۰/۶۸۵۰**	۲/۷۲۱**	۱۷/۴۴$^{n.s}$	۶۱۰۵/۸**	۱۲/۸۲۲$^{n.s}$
Gina VF	۲	۱	۰/۷۳۴۴	۲/۳۹۴	۲۵/۷۲	۶۱۵۹/۸	۲۱/۵۱۳
Gina VF	۲	۲	۰/۸۲۶۷$^{n.s}$	۱/۸۷۷**	۲۴/۳۵$^{n.s}$	۵۵۷۶/۰$^{n.s}$	۲۰/۶۵۲$^{n.s}$
Gina VF	۲	۳	۱/۰۲۱۱**	۱/۲۲۳**	۲۶/۸۱$^{n.s}$	۴۵۸۳/۰**	۲۲/۹۲۳$^{n.s}$
Gina VF	۲	۴	۱/۱۸۸۰**	۰/۹۰۳**	۳۳/۰۵**	۴۰۴۵/۹**	۲۴/۳۲۵*
Gina VF	۳	۱	۰/۸۷۱۳	۱/۶۷۹	۳۲/۸۳	۵۶۴۳/۱	۲۷/۰۵۰
Gina VF	۳	۲	۱/۰۲۰۹*	۱/۲۲۴**	۳۱/۲۶$^{n.s}$	۵۵۶۹/۶$^{n.s}$	۲۳/۴۵۳*
Gina VF	۳	۳	۱/۰۲۱۶*	۱/۲۳۱**	۳۱/۳۱$^{n.s}$	۴۶۴۰/۶*	۲۵/۶۵۵$^{n.s}$
Gina VF	۳	۴	۱/۳۶۳۷**	۰/۶۸۵**	۳۸/۵۱*	۳۸۶۲/۲**	۲۹/۳۵۵$^{n.s}$
Gina VF	۴	۱	۰/۹۱۷۴	۱/۵۳۴	۳۵/۳۳	۶۳۴۰/۷	۲۸/۷۴۰
Gina VF	۴	۲	۱/۰۶۳۵*	۱/۱۴۶**	۳۳/۵۰$^{n.s}$	۶۱۷۲/۸$^{n.s}$	۲۴/۴۲۰**
Gina VF	۴	۳	۱/۰۸۶۶*	۱/۰۷۹**	۳۴/۱۳$^{n.s}$	۵۲۵۳/۸**	۲۶/۵۷۵$^{n.s}$
Gina VF	۴	۴	۱/۴۴۲۷**	۰/۶۱۲**	۴۱/۹۱**	۴۲۰۳/۹**	۳۱/۶۵۴*

آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ با شاهد وجود داشت. همچنین، در رقم جینا- وی اف، این تفاوت در تیمار نماتدی ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم در زمان‌های دوم و چهارم در سطح ۱٪ و در زمان سوم در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. در کل، نتایج حکایت از

آن داشت که با افزایش سطوح جمعیتی نماتد و گذشت زمان، میزان چگالی سطح ریشه افزایش پیدا کرد (جدول ۸).

نسبت سطح برگ به سطح ریشه (LA/RA)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در سطح جمعیتی نماتد در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در رقم فلات- وای کلیه تیمارهای سطح جمعیتی نماتد با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند. در رقم جینا- وی اف در زمان اول نمونه‌برداری، بین تیمار نماتدی ۵۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت. این تفاوت در زمان‌های دوم و چهارم نمونه‌برداری بین تیمارهای نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. در زمان سوم نمونه‌برداری، این اختلاف در تیمار نماتدی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم با شاهد به ترتیب در سطوح احتمال آماری ۵٪ و ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج کلی حاکی از آن بود که با افزایش سطوح تلقیحی نماتد و گذشت زمان، نسبت سطح برگ به سطح ریشه کاهش یافت (جدول ۸).

بحث

با افزایش سطوح جمعیتی نماتد، تعداد گال، کیسه تخم و لارو سن دوم در هر دو رقم افزایش نشان داد، به طوری‌که این افزایش در رقم حساس به مراتب بیشتر بود. در واقع، تعداد گال به عنوان صفتی متأثر از تعامل بین میزبان و بیمارگر مطرح می‌باشد. هر چقدر شرایط میزبان برای توسعه بیمارگر مطلوب‌تر باشد، میزان گال تشکیل شده نیز بیشتر خواهد بود. درصد زیاد این شاخص در رقم فلات- وای، گواهی بر حساس‌تر بودن این رقم می‌باشد. افزایش تعداد کیسه تخم، لارو سن دوم و به تبع آن فاکتور تولیدمثلی نماتد در رقم حساس، نشان از مساعد بودن شرایط لازم برای فعالیت و طی نمودن چرخه زندگی بیمارگر می‌باشد. این نتایج با تحقیقاتی که روی بامیه توسط حسین و همکاران (۱۳) صورت گرفت هم‌خوانی داشت. با افزایش بیشتر سطح جمعیتی نماتد، میزان فاکتور تولیدمثل کاهش نشان داد. دلیل این امر را می توان به کاهش سطح پذیرش گیاه در سطوح جمعیتی زیاد نماتد منتسب دانست. افزایش این صفت در هر دو رقم، حاکی از آن است که با افزایش جمعیت، ویژگی تحمل رقم جینا- وی اف نیز تحلیل رفته و در جمعیت زیاد، توان مقاومت گیاه در برابر پاتوژن کم می‌شود. به عبارت دیگر، تحمل تا حدی از جمعیت نماتد معنی پیدا می‌کند. با افزایش تعداد نماتد، صفات رشدی گیاه از قبیل کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، قطر ساقه، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک شاخساره، طول ریشه به حجم، ظرافت ریشه، نسبت سطح برگ به سطح ریشه، چگالی ریشه و وزن خشک ریشه به حجم خاک کاهش یافت. کاهش کلروفیل به عنوان یکی از پارامترهای مهم درگیر در فتوسنتز گیاه، نشان از تأثیر سوء نماتد بیمارگر در این چرخه دارد. با کاهش کلروفیل، میزان فتوسنتز کم شده و علکرد محصول دستخوش تغییر منفی خواهد شد. نتیجه این فرایند، خسارت غیرقابل جبران بیمارگر خواهد بود. نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیق انجام شده روی خیار (۲۶) مطابقت نشان داد، ولی با نتایج کاری که روی برنج صورت گرفت (۷)، مغایرت داشت. کاهش نسبی آب، طول ریشه و سطح برگ که ناشی از تغییر رخ داده در روند طبیعی میزبان در حضور بیمارگر است، تأیید کننده تنش ایجاد شده از سوی بیمارگر می‌باشد. در مورد سایر صفات رشدی گیاه هم وضعیت به همین منوال است. یکی از مهمترین عوامل دخیل در کاهش عملکرد، کاهش طول ریشه می باشد که سبب تقلیل سطح جذب و کاهش راندمان خواهد شد. نتایج حاصله با نتایج تحقیق انجام شده روی انگور (۱۶)، مشابه بود. کاهش قطر و طول ساقه در تمامی آزمایش‌های صورت گرفته، نشان از کاهش رشد و به تبع آن کاهش عملکرد نهایی گیاه دارد. روند نتایج کسب شده با نتایج کار انجام شده در انگور (۱۶)، هم‌خوانی دارد. افزایش حجم ریشه که ناشی از پُررشدی و پُرازدیادی سلول‌های ریشه در حضور هورمون‌های مترشحه از نماتد برای

ایجاد سلول‌های غول‌آسا می‌باشد، در هر دو رقم به چشم می‌خورد. البته افزایش حجم بیشتر ریشه در رقم حساس، نشان‌دهنده همسو شدن میزبان جهت توسعه اهداف بیمارگر خواهد بود. این نتایج با نتایجی که روی بامیه و انگور به‌دست آمده (۱۳ و ۱۶) مطابقت نداشت. کاهش صورت گرفته در وزن تر و خشک شاخساره دلیل دیگری برای اثبات کاهش عملکرد نهایی گیاه تیمار شده می‌باشد. افزایش وزن تر ناشی از پُررشدی و پُرازدیادی، باعث افزایش وزن خشک نیز شده است. این نکته حکایت از افزایش غیرعادی وزن ریشه دارد. در این رابطه، با وجود اینکه رشد ریشه بیشتر شده، ولی کارایی آن بسیار کمتر از ریشه سالم می‌باشد. در واقع، انرژی میزبان در حضور بیمارگر، باعث هدایت فیزیولوژیک در مسیر غیرعادی شده است. این بخش از نتایج برعکس قسمت قبل، با نتایج کارهای انجام شده مطابقت نشان داد (۱۳ و ۱۶). گیاه تحت تنش نماتد، دچار کاهش کلیه پارامترهای رشدی می‌شود. برای مثال، کاهش میزان کلروفیل برگ در نهایت منجر به کاهش معنی‌دار فتوسنتز و کاهش محتوای نسبی آب برگ شده و باعث کاهش طراوت و اختلال در مکانیسم‌های آنزیمی خواهد شد. ولی میزان وزن تر و خشک ریشه، سطح ریشه، نسبت وزن تر ریشه به حجم خاک، قطر ریشه، حجم ریشه و چگالی سطح ریشه افزایش نشان داد که به بیشتر شدن رشد ریشه‌ها نسبت داده می‌شود. این افزایش در اثر تحریک هورمونی نماتد و ایجاد سلول‌های غول‌آسا رخ می‌دهد. این تغییرات در رقم حساس به علت تأثیرپذیری زیاداز حمله نماتد بیشتر به چشم می‌خورد. سطح ریشه نیز از جمله صفاتی محسوب می‌شود که افزایش آن با کاهش کارایی در آلودگی به نماتد رابطه مستقیم دارد. با وجود افزایش سطح ریشه، که خود از افزایش حجم ریشه نشأت می گیرد، کارایی کم ریشه در شرایط تنش مشاهده گردید. افزایش چگالی ریشه در حضور نماتد ناشی از توسعه سلول‌های غول‌آسا است. در واقع، افزایش مواد تغذیه‌ای در این سلول‌ها، چگالی ریشه را افزایش داده و باعث سرازیر شدن شیره پرورده به این مکان‌ها و کمبود مواد غذایی در سایر بخش‌های گیاه می‌شود. کاهش پارامترهایی مانند تعداد برگ سالم و قطر ساقه که مربوط به اختلال در رشد عادی و عملکرد گیاه می‌باشد، نشان از تنش ایجاد شده در گیاه دارد. کاهش طول ریشه به حجم آن، ناشی از سازوکار بیماری‌زایی نماتد و اثر آن در تخریب مریستم و رشد غیرعادی ریشه می‌باشد. در نهایت، کاهش سطح برگ، سبب کاهش فتوسنتز و میزان عملکرد خواهد شد. کاهش طول ریشه و افزایش حجم ریشه در حضور تنش نماتد باعث کاهش این نسبت می‌شود. افزایش قطر و کاهش طول ریشه نشان‌دهنده رشد غیرعادی آن است. نماتد با افزایش حجم آن باعث کاهش مقدار این صفت می‌شود که مسلماً در رقم حساس این کاهش بیشتر به چشم می‌خورد. کاهش ظرافت نیز به دلیل کم شدن ریشه‌های مویین و افزایش غیرعادی حجم ریشه می‌باشد. کاهش ظرافت و چگالی ریشه در واقع تدییدی بر ناکارآمد بودن سیستم ریشه گیاه است. کاهش نسبت سطح برگ به سطح ریشه در تیمار نماتد، ناشی از افزایش سطح ریشه و کاهش سطح برگ می‌باشد. با وجود اینکه سطح ریشه، که تحت تأثیر حجم ریشه می‌باشد، افزایش یافته، ولی سطح برگ به عنوان صفتی برای ارتقاء عملکرد گیاه، کاهش یافته است. این نسبت بیان می‌کند که علیرغم افزایش غیرعادی در ریشه‌ها، کاهش عملکرد در سایر قسمت‌ها دیده می‌شود. بخشی از این تضاد به عدم توازن در تقسیط شیره پرورده و سرازیر شدن به سمت مکان تغذیه‌ای نماتد نسبت داده می‌شود. در تمامی پارامترهای ارزیابی شده، تغییر در حضور نماتد در هر دو رقم به چشم می‌خورد. این تغییر در سطح جمعیتی پایین نماتد برای تفکیک بهتر رقم‌ها به عنوان ارقام حساس و متحمل مناسب خواهد بود. ولی با افزایش سطح جمعیتی نماتد، میزان تحمل رقم جینا- وی اف تقلیل یافته و در هم شکسته می‌شود.

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر نژاد دوم نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne incognita* روی صفات ریشه و

اندام‌های هوایی دو رقم گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه بود. نتایج کلی حاکی از آن است که با افزایش سطح جمعیتی نماتد میزان کلروفیل کاهش پیدا می‌کند که این کاهش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر از رقم جینا- وی اف ملموس است. با افزایش سطح جمعیتی نماتد، مساحت سطح برگ کاهش یافت. این کاهش در کلیه تیمارهای سطح جمعیتی نماتد در هر دو رقم با شاهد دارای تفاوت آماری معنی‌دار بود. کاهش سطح برگ در رقم فلات- وای محسوس‌تر بود. در همه زمان‌ها، با افزایش سطح تلقیح، مساحت سطح برگ کاهش یافت. با افزایش سطح جمعیتی نماتد، حجم ریشه نیز افزایش پیدا می‌کند که این افزایش حجم در رقم فلات- وای نسبت به رقم جینا- وی اف به مراتب بیشتر است. با افزایش سطح جمعیتی نماتد، وزن تر و خشک شاخساره کاهش یافت. این کاهش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر از رقم جینا- وی اف بود. با افزایش سطح تلقیح نماتد، قطر ساقه کاهش پیدا کرد. با افزایش سطح جمعیتی نماتد، ارتفاع بوته‌ها نسبت به شاهد کاهش یافت. این کاهش ارتفاع در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر از رقم جینا- وی اف بود. با تیمار سطح جمعیتی نماتد، میزان چگالی ریشه افزایش یافت. این افزایش در رقم فلات- وای از الگوی منظمی پیروی می‌کرد. با افزایش زمان و تیمارهای سطح جمعیتی نماتد، نسبت وزن تر ریشه به حجم خاک و وزن خشک ریشه به حجم خاک افزایش یافت. این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر بود. با افزایش سطح جمعیتی نماتد و گذشت زمان بیشتری از سن گیاه، نسبت طول ریشه به حجم کاهش پیدا کرد. با افزایش تیمار سطح جمعیتی نماتد، میزان سطح ریشه نیز افزایش پیدا کرد. این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر و اصولی‌تر بود. ولی در رقم جینا- وی اف از الگوی خاصی پیروی نمی‌کرد. با افزایش سطح تلقیحی نماتد و گذشت زمان، قطر ریشه افزایش یافت. این افزایش در رقم فلات- وای به مراتب بیشتر به چشم می‌خورد. با افزایش سطوح جمعیتی نماتد و گذشت زمان، چگالی سطح ریشه افزایش پیدا کرد.

منابع مورد استفاده

۱. حسندخت، م. ر. ۱۳۹۱. تکنولوژی تولید سبزی‌ها. انتشارات سلسله دانشگاه گیلان.

۲. شکاری، ف.، س. مسیحا و ب. اسماعیل‌پور. ۱۳۸۵. فیزیولوژی سبزی‌ها. انتشارات دانشگاه زنجان.

۳. علیخانی‌فرد، ح. م. و م. اصفهانی. ۱۳۸۹. تأثیر مصرف تری‌سیکلازول (بیم) بر کاهش خسارت غرقابی در گیاهچه‌های کلزا. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۱: ۷۳-۸۸.

۴. کمالی، م.، م. شور، م. گلدانی، ی. سلاح‌ورزی و ع. تهرانی‌فر ۱۳۹۰. تأثیر توأم آبیاری با آب شور و غلظت دی‌اکسید کربن بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه گل تکمه‌ای (*Gomphrena globosa* L.). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ٦: ۱۴۵۷-۱۴٦۷.

۵. محسن‌زاده، س.، ص. فرهی آشتیانی، م.ع. ملبوبی و ف. قناتی. ۱۳۸۲. اثر تنش خشکی و کلروکولین کلراید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ٦۰: ۱٦۳-۱۷۵.

٦. مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. آمارنامه محصولات کشاورزی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

7. Audebert, A., D.L. Coyne, M. Dingkuhn and R.A. Plowright. 2000. The influence of Cyst Nematodes (*Heterodera sacchari)* and drought on water relation and growth of upland rice in Coted Ivoire plant and soil. J. Agric. Technol. 28: 235-242.

8. Barker, K.R., C.C. Carter and J.N. Sasser. 1985. An advanced treatise on Meloidogyne, Plant. pathol. 4: 212- 233.

9. Chen, Z.X., S.Y. Chen and D.W. Dickson. 2004. Nematology: Advances and Perspectives. Vol. 2, pp. 637-744,

CABI.
10. Faostat. Fao.org/site/default.aspx.
11. Gharabadiyan, F., S. Jamali, A. Ahmadiyan Yazdi and A. Eskandari. 2012. Source of resistance to root knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in tomato cultivars. J. Agric. Technol. 22: 2011-2021.
12. Hartman, K.M. and J.N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. PP. 69-77. *In:* Barker, K.R., C.C. Carter and J.N. Sasser (Eds.), An Advanced Tretise on *Meloidogyne*, Methodology, NCSU.
13. Hussain, M.A., T. Mukhtar and M.Z. Kayani. 2011. Assessment of the damage caused by *Meloidogyne incognita* on Okra (*Abelmoschus esculentus).* J. Anim. Plant Sci. 21(4): 857-861.
14. Hussey, R.S. and K.R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Dis. Reporter 57: 1025-1028.
15. Jepson, S.B. 1987. Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne spp.*). CAB International, Wallingford, UK.
16. Melakeberhan, H. and H. Ferris. 1989. Impact of *Meloidogyne incognita* on physiological efficiency of *Vitis vinifera.* J. Nematol. 21(1): 74-80.
17. Nehara, S., I. Rani Sharma and P.C. Trivedi. 2001. Effect of different inoculum levels of nematode, *Heterodera avenae* on photosynthetic efficiency of barley (*Hordeum vulgare* L.). J. Exp. Sci. 182: 1-8.
18. Oostenbrink, M. 1966. Major characteristics of the relationships between nematodes and plants. Mededelingen Landbouwhogeschool 66: 1-46.
19. Perry, N.R. and M. Mones. Plant Nematology. 2006. CABI Publishinig, Wallingford, 480p.
20. Perry, R.N., M. Maurice and J.L. Starr. 2010. Root-Knot Nematodes. CABI Head Office.
21. Sasser, J.L. 1980. Root-knot nematode: A global menace to crop production. Plant dis. 64: 36-41.
22. Shaukat, S.S. and M.A. Khan. 2009. Growth and physiological responses of OKRA (*Abelmoschus bsculentus* (L.) Moench) to simulated acid rain and root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). Nematol. 37: 17-23.
23. Tahery, Y. 2012. Effect of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita)* on water responses of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.). Ann. Biotech. Rev. 3(1): 222-230.
24. Taylor, D.P. and C. Netscher. 1974. An improved technique for preparing perennial pattern of *Meloidogyne* spp., Nematol. 20: 268-277.
25. Trudgill, L. and V.C. Blok. 2001. Apomistic, polyphagus root-knot nematode. Ann. Rev. Phytopath. 39: 53-77.
26. Ye. D.Y., C.T. Qian and J.F. Chen. 2011. Photosynthetic response to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in resistant cultivar sour cucumber (*Cucumis hystrix* Chakr). China Agric. Sci. 44(20): 4248-4257.